

ANALISA KERUSAKAN POMPA SENTRIFUGAL P-011C DI PT. SULFINDO ADIUSAHA DENGAN MENGGUNAKAN TRANSDUCER GETARAN ACCELEROMETER

Levi Amanda Putra

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta

E-mail: levi_2201@ymail.com

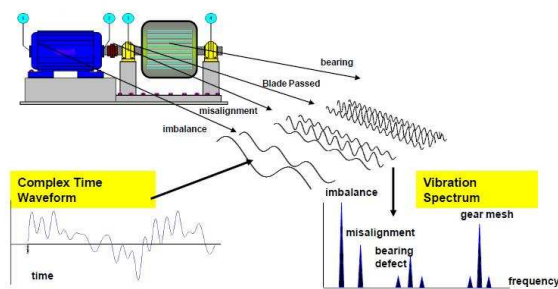
Abstrak -- Pompa sentrifugal P-011C merupakan salah satu alat penunjang di PT. Sulfindo Adiusaha yang berfungsi menyalurkan air untuk proses produksi. Dari laporan operator produksi, diketahui bahwa nilai getaran pompa ini adalah 3.96mm/s & 14.1gE yang melebihi standar ISO 10816-3 dan enveloping severity. Accelerometer merupakan transducer yang dapat digunakan sebagai system monitor getaran maupun untuk analisa getaran. Dampak dari getaran adalah terjadinya suara bising, turunnya kinerja dan performa pompa serta dapat merusak komponen pada pompa terutama pada poros dan bantalan. Hasil penelitian bahwa sinyal getaran motor & pompa inboard diindikasikan parallel misalignment, sisi Pompa inboard & outboard dari pembacaan sinyal getaran mengalami kerusakan pada komponen bantalan kerusakan pada bagian pemisah (cage) ditandai dengan amplitudo dominan pada 600 CPM (1xFTF) dan kerusakan bola amplitudo dominan pada 6300 CPM (2xBSF). Kerusakan bearing dan misalignment diakibatkan oleh kerusakan sudu impeller pompa yang ditandai munculnya amplitudo dominan di putaran kerja pompa itu sendiri (1480 CPM) dan diikuti amplitudo dominan di frekuensi sudu impeller hingga harmonik (2xBPF).

Kata kunci: pompa sentrifugal, transducer accelerometer, sinyal getaran

1. PENDAHULUAN

Mesin dikatakan ideal pada prinsipnya apabila seluruh energi yang dihasilkan menjadi kerja. Walaupun demikian tidak ada yang ideal dari hasil rancangan manusia karena sebagian energy akan terbuang menjadi bentuk getaran mekanik.

Analisa getaran merupakan salah satu faktor pendukung meminimalisir terjadinya getaran berlebih pada. Banyak keluhan mengenai hal tersebut dikarenakan getaran yang sangat cepat melanda mesin-mesin industri sehingga mesin-mesin tersebut mengalami keausan mesin. Keausan mesin ini seringkali terjadi dalam jangka waktu yang cepat padahal perbaikan mesin selalu menggantikan spare part lama dengan spare part baru. Tetapi mengapa getaran-getaran yang memberikan peringatan bahwa mesin dalam keadaan aus ini cepat menghampiri mesin. Padahal spare part selalu diganti baru jika ada kerusakan.

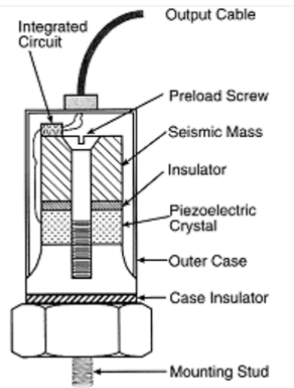


Gambar 1. Kerusakan pada komponen pompa dan motor

Analisa vibrasi sangat penting karena salah satu indikator yang baik untuk mendeteksi masalah mekanis untuk peralatan berputar (*Rotating Equipment*), karena getaran suatu mesin yang disebabkan oleh gaya berulang seperti ketidakseimbangan, *misalignment*, poros bengkok, kerusakan bantalan, kelonggaran mekanik, *gear* aus, kavitasi dan resonansi. Mengukur suatu getaran mesin dibutuhkan suatu *transducer* getaran yang berfungsi untuk mengolah sinyal getaran menjadi sinyal lain, dalam hal ini sinyal listrik, *transducer accelerometer* umumnya mempunyai bentuk yang cukup kecil dan ringan, serta range temperature dan frekuensi kerjanya cukup lebar. *Accelerometer* merupakan sensor yang dapat digunakan sebagai system monitor getaran maupun untuk analisa getaran. Untuk membantu memperoleh hasil pengujian dari getaran yang sering terjadi pada mesin-mesin industri.

Transducer accelerometer umumnya mempunyai bentuk yang cukup kecil dan ringan, serta range temperature dan frekuensi kerjanya cukup lebar. *Accelerometer* adalah merupakan sensor yang dapat digunakan sebagai system monitor getaran maupun untuk analisis getaran.

Transducer ini mempunyai sensitifitas yang tinggi terhadap getaran dengan frekuensi tinggi. Ukuran *accelerometer* cukup kecil dan ringan, sehingga *accelerometer* ini sangat cocok digunakan di lokasi yang mempunyai ruang yang sangat terbatas.



Gambar 2. Skematika accelerometer transducer

Beberapa keuntungan yang didapatkan dengan menggunakan *transducer accelerometer* untuk system pengukuran getaran adalah:

- Mempunyai respon yang baik terhadap frekuensi tinggi. Mempunyai range frekuensi kurang dari 2 Hz sampai lebih dari 20K Hz.
- Dengan bentuknya yang kecil dan ringan dapat digunakan pada posisi dengan ruang yang sangat terbatas.
- Dapat digunakan pada suhu tinggi, yaitu sampai suhu lebih 500 derajat C.

Untuk mesin-mesin yang didesain dengan jam operasi yang panjang/lama maka diberikan secara praktis ISO 10816-3 yang memberikan batasan getaran operasional, yaitu alarms dan trips. Alarms merupakan nilai batas dari getaran yang ditentukan untuk memberikan peringatan dini bahwa getaran sudah mencapai ataupun ada perubahan yang signifikan. Apabila batas alarms terjadi, pengoperasian mesin dapat dilanjutkan untuk sementara waktu sambil dilakukan investigasi untuk mengidentifikasi penyebab perubahan getaran dan menentukan tindakan perbaikannya.

Vibration Severity Card				
Velocity Severity	Machinery Group 2 (Medium Machines)		Machinery Group 1 (Large Machines)	
ISO 10816-3	Rated Power: 15 kW to 300 kW		Rated Power: >300 kW	
In/sec eq. Peak	Electrical Machines with Shaft Height 160 to 315 mm (6.30 to 12.40 in.)		Electrical Machines with Shaft Height >315 mm (>12.40 in.)	
mm/sec RMS				
0.61	11.0	Unacceptable (Danger)	Unacceptable (Danger)	Unacceptable (Danger)
0.39	7.1	Unacceptable (Danger)	Unacceptable (Danger)	Unacceptable (Alert)
0.25	4.5	Unacceptable (Alert)	Unacceptable (Alert)	Satisfactory
0.19	3.5	Unacceptable (Alert)	Satisfactory	Satisfactory
0.16	2.8	Satisfactory	Satisfactory	Good
0.13	2.3	Satisfactory	Good	Good
0.08	1.4	Good	Good	Good
0.04	0.7	Good	Good	Good
0.00	0.0	Good	Good	Good
Foundation	Rigid	Flexible	Rigid	Flexible

Gambar 3. Standar ISO 10816-3

Karakteristik lain dari getaran yang agak khusus adalah pengukuran *spike energy*. Besaran dari *spike energy* ini agak abstrak karena tidak dapat dijelaskan dengan gambar dari getaran

bandul. Pengukuran *spike energy* adalah pengukuran getaran frekuensi tinggi akibat adanya pulsa dari energi getaran. Pulsa dari energi getaran yang terjadi pada mesin sebagai akibat dari:

- Permukaan yang cacat dari *element rolling bearing* atau *gear*.
- *Rubs, impacts*, dan terjadi kontak antara logam dengan logam di dalam mesin yang berputar.
- Aliran steam dengan tekanan tinggi atau kebocoran udar.
- Kavitasi akibat aliran yang turbulen dalam fluida.

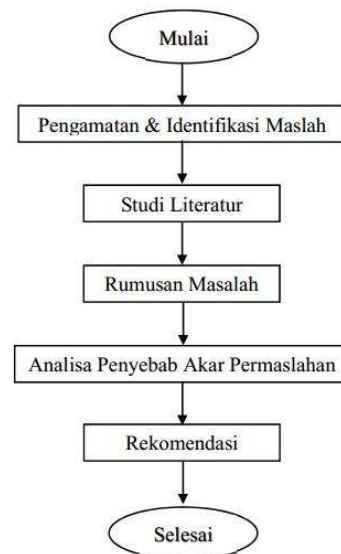
Enveloping Severity	Shaft Diameter and Speed		
	Diameter Between 200 and 500 mm and Speed <500 rpm	Diameter Between 50 and 300 mm and Speed Between 500 and 1800 rpm	Diameter Between 20 and 150 mm and Speed Between 1800 and 3600 rpm
10	Unacceptable (Danger)	Unacceptable (Danger)	Unacceptable (Alert)
4	Unacceptable (Danger)	Unacceptable (Alert)	Satisfactory
2	Unacceptable (Alert)	Satisfactory	Satisfactory
1	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory
0.75	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory
0.50	Good	Good	Good
0.10	Good	Good	Good

SKF Reliability Systems
5271 Viewridge Court • San Diego, California 92123 USA
Tel: +1 858-496-3400 • Fax: +1 858 496-3531
Web: www.skf.com/cm
OHL3600-SC • Revision D • October 2009 • © SKF Group 2009

Gambar 4. Standar enveloping

2. METODELOGI PENELITIAN

Rangkaian kegiatan penelitian secara garis besar dapat dilihat pada diagram alir Gambar 3 sebagai berikut:



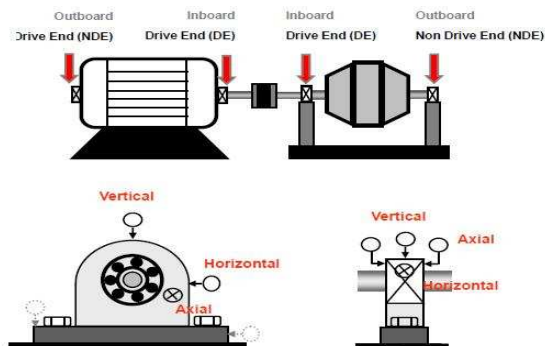
Gambar 5. Diagram alir penelitian

Penelitian ini dimulai dengan penerimaan laporan dari operator mengenai kondisi pompa yang abnormal dengan alat yang digunakan *operation vibropen* dan kemudian melakukan

peninjauan / pengamatan langsung dilapangan untuk mengetahui kondisi terkini guna pengambilan data temperatur dan vibrasi menggunakan *microlog analyzer GX*.

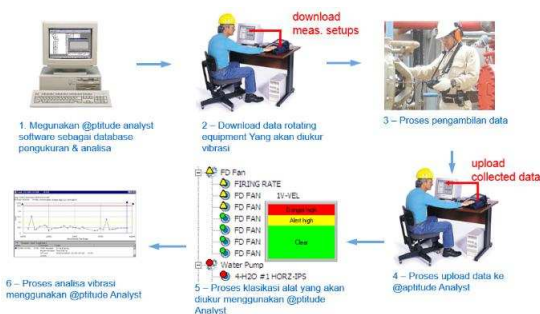
Dari peninjauan yang dilakukan, diketahui masalah apa yang terjadi pada pompa dan motor tersebut. Salah satu upaya *preventive maintenance* yang dilakukan pihak PT. Sulfindo Adiusaha adalah menganalisa kondisi motor dan pompa (*condition monitoring*) dengan menggunakan pengamatan secara visual dan *vibration monitoring*.

Pengamatan secara visual dilakukan pada komponen pompa atau motor yang mengalami kerusakan saat pembongkaran berlangsung. Sedangkan untuk pengambilan data vibrasi, dilakukan pada 4 bagian yaitu sisi dalam dan luar motor, serta sisi dalam dan luar pompa. Pada setiap sisi dilakukan pengambilan data sebanyak 3 kali, yaitu pada sisi horizontal, vertikal dan axial. Lokasi dan arah pengambilan data vibrasi seperti yang ditampilkan pada gambar berikut.



Gambar 6. Titik pengukuran vibrasi

Hasil yang didapat pada pemeriksaan vibrasi berupa nilai dari besarnya yang terjadi, namun data tersebut harus diolah terlebih dahulu, berikut gambaran proses pengukuran data vibrasi.



Gambar 7. Proses pengukuran vibrasi

Parameter yang dibandingkan adalah amplitudo dan frekuensi. Karena amplitudo sebanding dengan gaya eksitasi yang terjadi pada komponen pompa dan motor. Maka menurut teori, apabila terjadi kerusakan pada komponen pompa

dan motor, maka akan timbul amplitudo tinggi pada frekuensi tertentu.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

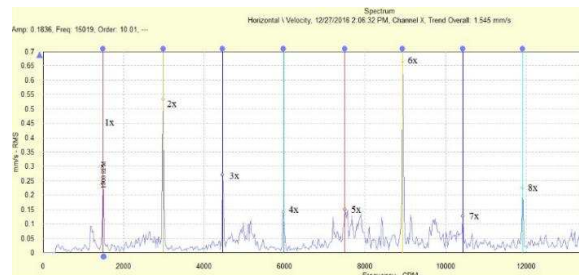
Dari hasil laporan dari operator mengenai kondisi pompa yang abnormal dengan alat yang digunakan *operation* yaitu vibropen, kemudian melakukan peninjauan dan pengamatan langsung dilapangan untuk mengetahui kondisi terkini guna pengambilan data vibrasi menggunakan *microlog analyzer GX* dengan *transducer accelerometer*. Maka terdapat pompa yang mengalami masalah, nilai vibrasi sudah melebihi standar, berikut nilai vibrasi di jelaskan di Tabel 1.

Tabel 1 Data vibrasi & temperatur

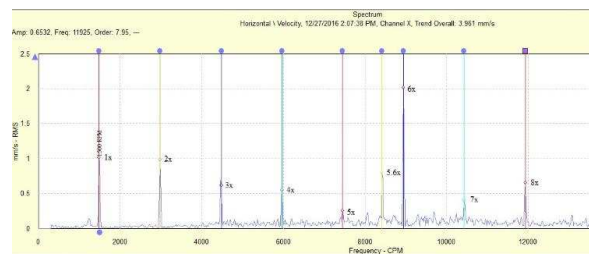
NILAI OVERALL VIBRASI & TEMPERATUR																	
TAG NO.	DATA MOTOR (KW)	RPM	Titik Pengukuran	Motor				Pompa									
				Motor Inboard		Motor Outboard		Pompa Inboard		Pompa Outboard		Valute					
				Vibrasi	Temp.	Vibrasi	Temp.	Vibrasi	Temp.	Vibrasi	Temp.	Vibrasi	Temp.				
				Velocity (mm/s)	Envelope (gE)	degC	Velocity (mm/s)	Envelope (gE)	degC	Velocity (mm/s)	Envelope (gE)	degC	Velocity (mm/s)	Envelope (gE)	degC		
P-011 C	150	1480	Vertikal	1.42	-	-	1.35	-	-	2.03	-	-	2.84	-	-	-	-
			Horizontal	1.54	1.2	67.5	1.4	0.7	44.7	3.96	14.1	57.5	2.56	10.81	53.5	23.64	32.4
			Axial	0.9	-	-	0.87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Note:
 : Kondisi Satisfactory
 : Kondisi Unsatisfactory (Alert)
 : Kondisi Unacceptable (Danger)

Berikut analisa sinyal getaran *velocity* dari pompa P-011 C sisi Motor & pompa inboard:



Gambar 8. Sinyal getaran velocity motor inboard



Gambar 9. Sinyal getaran velocity pompa inboard

Gambar 8 dan 9 merupakan bentuk spektrum dalam domain frekuensi. Sumbu horizontal menunjukkan frekuensi dalam bentuk

satuan CPM dan sumbu vertikal menunjukkan amplitudo *dalam* satuan mm/s.

Pada Gambar 8 Sinyal getaran *velocity* motor *inboard* (DE) terlihat:

- Frekuensi 2960 CPM (2x putaran kerja) dengan amplitudo cukup besar (0.53 mm/s).
- Amplitudo di frekuensi 1x CPM dan 3x CPM (Tabel 4.3) lebih kecil dari frekuensi 2x CPM.
- Dan amplitudo terbesar berada di frekuensi 8880 CPM (6x putaran kerja) dengan amplitudo (0.66 mm/s).

Pada Gambar 9 Sinyal getaran *velocity* pompa *inboard* (DE):

- Terlihat frekuensi 2960 CPM (2x putaran kerja) dengan amplitudo cukup besar (0.98 mm/s).
- Amplitudo di frekuensi 1x CPM dan 3x CPM (Tabel 4.3) lebih kecil dari frekuensi 2x CPM.
- Sama dengan sinyal getaran yang dihasilkan pada motor *inboard* amplitudo terbesar (Tabel 4.3) berada di frekuensi 8880 CPM (6x putaran kerja). Ini merupakan frekuensi sudu, dapat dihitung dari perhitungan dibawah ini:

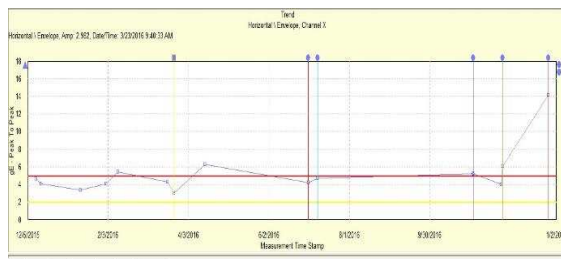
Frekuensi sudu = Jumlah sudu x Putaran poros

$$= 6 \times 1480 \text{ RPM} \\ = 8880 \text{ RPM}$$

Tabel 2. Data Sinyal Getaran *Velocity* Motor dan Pompa *inboard*

Motor Inboard			Pompa Inboard		
Frekuensi (CPM)	Putaran Kerja (Order)	Amplitudo (mm/s)	Frekuensi (CPM)	Putaran Kerja (Order)	Amplitudo (mm/s)
1480	1x	0.23	1480	1x	0.98
2960	2x	0.53	2960	2x	0.96
4440	3x	0.27	4440	3x	0.61
5920	4x	0.14	5920	4x	0.54
7400	5x	0.14	7400	5x	0.25
8880	6x	0.66	8880	6x	2.01

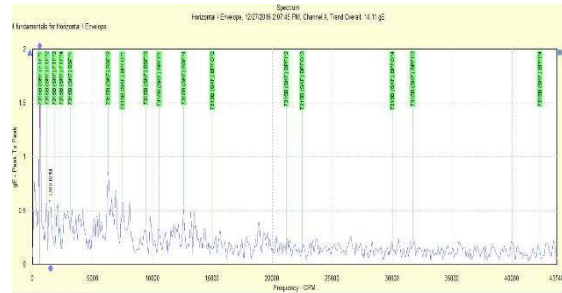
Berikut *trending* dan sinyal getaran *enveloping* pompa *inboard*:



Gambar 10. *Trending* Sinyal Getaran *Enveloping* Pompa *Inboard*

Nilai *overall enveloping* mengalami kenaikan terlihat dari *trending condition monitoring* (Gambar

10) dan nilai *overall* yang sebelumnya (6.08 gE) mengalami kenaikan menjadi (14.11 gE) nilai tersebut melebihi standar yang diijinkan yaitu (4 gE). Nilai (14.1 gE) menunjukkan kriteria dalam kondisi *unacceptable / Danger*.



Gambar 11. Sinyal Getaran *Enveloping* Pompa *Inboard* (DE)

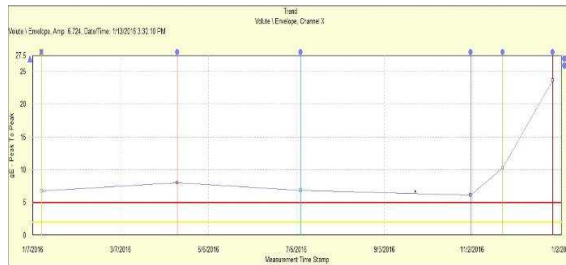
Sinyal getaran *enveloping* pompa *inboard* (gambar 11) muncul amplitudo tertinggi di sub harmonik yaitu 0.4x CPM & 0.8x CPM (putaran kerja) dan muncul *inter harmonik* frekuensinya pada 4.2x CPM & 8.4x CPM (putaran kerja).

Setelah input data bearing dan perhitungan menggunakan *software*, maka muncul frekuensi *eksitasi impuls* disetiap komponen bantalan, dari sinyal getaran envelope pompa *inboard* muncul amplitudo tertinggi berada difrekuensi *eksitasi impuls* pada komponen bantalan pemisah (FTF) diikuti harmoniknya (Gambar 11 & Tabel 3). Dan sinyal getaran *enveloping* pompa *inboard* muncul amplitudo tertinggi berada difrekuensi *eksitasi impuls* pada komponen bola bantalan (BSF) diikuti harmoniknya (Gambar 11 & Tabel 3).

Tabel 3. Frekuensi Fundamental Elemen Bantalan Pompa *Inboard*

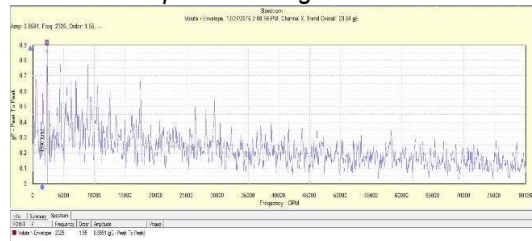
Elemen Bantalan	Frekuensi fundamental (CPM)	Harmonik	Amplitudo (gE)	Putaran Kerja (Order)
BPFO	7500	1	0.57	5
	15000	2	0.15	10
	22500	3	0.11	15
	30000	4	0.21	20
BPFI	10575	1	0.32	7.05
	21150	2	0.09	14.1
	31725	3	0.16	21.15
	42300	4	0.12	28.2
BSF	3150	1	0.31	2.1
	6300	2	0.86	4.2
	9450	3	0.32	6.3
	12600	4	0.51	8.4
FTF	600	1	1.69	0.4
	1200	2	0.57	0.8
	1800	3	0.17	1.2
	2400	4	0.13	1.6

Berikut analisa sinyal getaran dari pompa, P-011C sisi volute pompa:



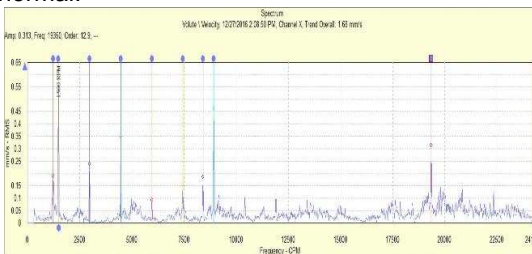
Gambar 12. Trending sinyal getaran enveloping volute pompa

Nilai *overall enveloping* mengalami kenaikan terlihat dari *trending condition monitoring* (Gambar 12) dan nilai *overall* yang sebelumnya (10.27 gE) mengalami kenaikan menjadi (23.64 gE) nilai tersebut melebihi standar yang diijinkan yaitu (4 gE). Nilai (23.64 gE) menunjukkan kriteria dalam kondisi *unacceptable / Danger*.



Gambar 13. Sinyal getaran *enveloping volute* Pompa

Dari sinyal getaran enveloping *volute* (gambar 13) muncul frekuensi sinyal getaran secara acak hingga di frekuensi tinggi dengan amplitudo terbesar di frekuensi 1.55x CPM (putaran kerja) dengan nilai amplitudo (0.89 gE). Dan kondisi pada saat pompa operasi disisi *volute* terdengar suara dengan tingkat kebisingan yang tidak normal.



Gambar 14. Sinyal getaran velocity volute pompa

Tabel 4. Data sinyal getaran *velocity volute* pompa

Volute Pompa		
Frekuensi (CPM)	Putaran Kerja (Order)	Amplitudo (mm/s)
1238	0.8x	0.18
1480	1x	0.61
2960	2x	0.23
4440	3x	0.35
5920	4	0.09
7400	5x	0.15

8410	5.6x	0.18
8880	6x	0.46
19240	13x	0.31

Ditunjukkan pada sinyal getaran velocity (gambar 14 & Tabel 4) muncul frekuensi sudu diikuti harmonik 2x frekuensi sudu, yang mana dapat dihitung dari perhitungan dibawah ini:

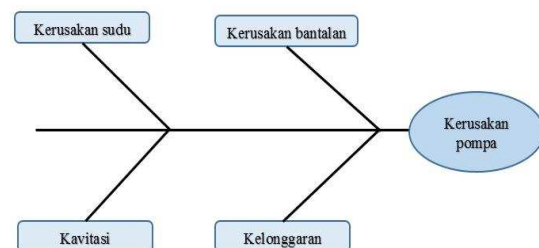
$$\text{Frekuensi sudu} = \text{Jumlah sudu} \times \text{Putaran poros} \\ = 6 \times 1480 \text{ RPM} = 8880 \text{ RPM}$$

Tabel 5. Hasil Analisa Sinyal Getaran Motor & Pompa Sentrifugal P-011C

Bagian Motor & Pompa yang Diperiksa	Jenis Kerusakan
Motor Inboard	Paralel Misalignment
Motor Outboard	Aman
Pompa Inboard	Paralel Misalignment, Kelonggaran Mekanik (<i>Loseness</i>) dan Kerusakan Pada Komponen Bantalan Bola (<i>Ball</i>) & Pemisah (<i>Cage</i>)
Pompa Outboard	Kelonggaran Mekanik (<i>Loseness</i>) dan Kerusakan Pada Komponen Bantalan Bola (<i>Ball</i>) & Pemisah (<i>Cage</i>)
Volute Pompa	Kerusakan Sudu <i>Impeller</i> dan Kavitasi

3.1 Analisa Akar Permasalahan

Berdasarkan analisa sinyal getaran (vibrasi) yang dilakukan telah diketahui kerusakan apa saja yang terjadi pada pompa sentrifugal P-011 C, kemudian langkah selanjutnya dibuatlah ishikawa diagram untuk memudahkan analisa akar dari kerusakan.



Gambar 15. Ishikawa diagram kerusakan pompa

Dari pemeriksaan yang telah dilakukan diketahui bahwa terdapat beberapa kerusakan pada komponen pompa, sehingga perlu penelusuran lebih lanjut mengapa potongan kayu dapat masuk ke aliran masuk pompa, dari hasil penelusuran dan pengamatan langsung terhadap pompa sentrifugal P-011 C antara lain:

- Struktur *cooling tower* diperbaiki (penggantian kayu struktur) di bulan november 2016 (Gambar 16), sehingga dapat dimungkinkan sepihan potongan kayu terjatuh di *basin cooling water* dan tergerus air sehingga menuju aliran masuk pompa sentrifugal.

Gambar 16. Kondisi struktur *cooling tower*

- Pada sistem instalasi pompa sentrifugal P-011 C tidak terdapat *strainer* (Gambar 17), sehingga benda asing dapat masuk ke bagian *volute* pompa yang mengakibatkan kerusakan pada impeller.

Gambar 17. Sistem Instalasi Pipa *Suction* Pompa P-011C

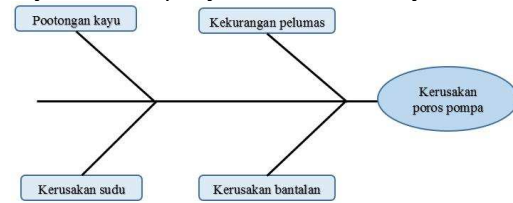
- Dan pada sisi *housing bearing* mengalami kebocoran *seal* pelumas bantalan yang ditandai keluarnya pelumas di area *cover* bantalan (Gambar 18), sehingga bantalan mengalami kekurangan pelumas.



Gambar 18. Area Kebocoran Pelumas Bantalan

Untuk menganalisa hingga akar penyebab kerusakan, maka ishikawa diagram pompa secara keseluruhan dibuat lebih detail pada komponen

pompa yang mengalami kerusakan agar didapat penyebab akar penyebab kerusakannya.



Gambar 19. Ishikawa Diagram Kerusakan Poros Pompa

Dari pemeriksaan yang telah dilakukan bahwa kerusakan sudu impeller mengakibatkan kavitasi, disebabkan oleh potongan kayu yang masuk keruang sudu impeller sehingga getaran yang berlebih disisi pompa dan menyebabkan kebocoran seal bantalan pompa. Kekurangan pelumas pada bantalan mengakibatkan bantalan kontak langsung terhadap komponen yang lainnya tanpa adanya pelapis, sehingga bantalan mengalami kerusakan. Kerusakan bantalan yang tidak langsung ditindak lanjuti dikarenakan untuk mempertahankan produksi yang maksimal menyebabkan kerusakan pada poros pompa karena sistem pelumasan bantalan tidak mencukupi, dari kerusakan tersebut menyebabkan *misalignment*.

3.2 Rekomendasi Perbaikan

Berdasarkan kerusakan yang terjadi dan analisa akar penyebab kerusakannya, maka dirumuskan strategi perbaikan dan perawatan untuk setiap komponen yang mengalami kerusakan yang dibuat pada Tabel 6 sebagai berikut.

Tabel 6. Rekomendasi Perbaikan Untuk Komponen yang Mengalami Kerusakan

Komponen	Rekomendasi Perbaikan
Bantalan (Bearing)	Ganti dengan bantalan (<i>bearing</i>) yang baru dan lakukan pemasangan sesuai standar pemasangan
Rumah Bantalan (Housing Bearing)	Lakukan <i>metal spray</i> pada rumah bantalan (<i>housing bearing</i>) dengan toleransi dimensi diameter dalam adalah 160 mm hingga 160.040 mm (standar kesesuaian H7)
Poros (Shaft)	Ganti dengan poros (<i>shaft</i>) dengan yang baru
Impeler	Ganti impeler dengan yang baru
Kopling	Pergantian grease kopling dan lakukan alignment
Seal Oil	Ganti oil seal dengan yang baru
Motor	Melakukan pergantian pelumas (<i>grease</i>) bearing dan pembersihan kipas (<i>fan</i>) pendingin motor
Sistem instalasi pipa aliran masuk (<i>suction</i>) pompa	Penambahan <i>strainer</i> di instalasi pipa aliran masuk (<i>suction</i>) pompa

Penambahan *strainer* pada pipa aliran masuk (*suction*) guna untuk menghindari kotoran atau benda asing keruang sudu impeller yang dapat mengakibatkan kerusakan tersebut terulang kembali dan melaksanakan perbaikan atau perawatan sesuai prosedur.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil inspeksi dan analisa kerusakan yang dibahas dalam tugas akhir ini antara lain:

- 1) Kerusakan yang terjadi pada pompa sentrifugal P-011 C adalah:
 - Dari sinyal getaran motor & pompa *inboard* diindikasikan *parallel misalignment*.
 - Sisi Pompa *Inboard* & *outboard* dari pembacaan sinyal getaran dapat disimpulkan bahwa kerusakan pada komponen bantalan disisi bola & pemisah yang ditandai munculnya nilai frekuensi *eksitasi fundamental impuls* pada komponen bantalan tersebut dan diindikasikan kelonggaran mekanik disisi bearing yang ditandai munculnya frekuensi sub-harmonik dan *inter harmonik*, menurut *illustrated vibration diagnostic chart technical associates of charlotte*.
 - Dan *volute* pompa dari analisa pembacaan sinyal getaran dapat disimpulkan terdapat kerusakan pada sudu pompa sehingga mengakibatkan kavitasi, yang ditandai munculnya frekuensi sudu diikuti harmonik 2x frekuensi sudu dan munculnya sinyal *random* di frekuensi rendah hingga tinggi. Pada saat pompa beroperasi terdengar suara dengan tingkat kebisingan yang tidak normal.
- 2) Karakteristik sinyal getaran yang dihasilkan adalah:
 - Getaran yang terjadi lebih besar diarah *radial* poros dan 2x putaran kerja nilai amplitudo lebih besar dibandingkan 1x putaran kerja dapat diindikasikan *parallel misalignment*.
 - Pada domain frekuensi, indikasi pertama kerusakan bantalan dapat diamati pada daerah frekuensi tinggi.

- Bantalan yang mengalami kerusakan pada bagian pemisah (*cage*) menghasilkan amplitudo dominan pada 600 CPM (1xFTF) dan kerusakan bola akan menghasilkan amplitudo dominan pada 6300 CPM (2xBSF).
 - Kerusakan pada sudu *impeller* pompa menghasilkan amplitudo dominan di putaran kerja pompa itu sendiri (1500 CPM) dan diikuti amplitudo dominan di frekuensi sudu *impeller* hingga harmonik (2xBPF).
- 3) Akar permasalahan dari kerusakan pompa sentrifugal P-011 C adalah disebabkan oleh potongan kayu yang masuk keruang sudu *impeller* sehingga getaran yang berlebih disisi pompa dan menyebabkan kebocoran seal bantalan pompa. Kekurangan pelumas pada bantalan mengakibatkan bantalan kontak langsung terhadap komponen yang lainnya tanpa adanya pelapis, sehingga bantalan mengalami kerusakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Berry, J. (1992). *Interpreting The Severity Charts*. Technical Associates of Charlotte.
- [2]. Berry, J. (1993). *Vibration Analysis Techniques and How to Best Employ Narrowband Spectral Envelope Alarms*. Technical Associates of Charlotte.
- [3]. Berry, J. (1996). *Illustrated Vibration Diagnostic Chart* (Page 1-5). Technical Associates of Charlotte.
- [4]. Mobius Institute. (2005). *Vibration Training Quick Reference*. Victoria.
- [5]. Sularso & Haruo, T. (2000). *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: Penerbit PT Paradnya Paramita.
- [6]. William, T. T. (1986). *Teori Getaran dengan Penerapan*. Jakarta: Penerbit Erlangga.